ZUR FRAGE DER LUFTFEUCHTIGKEIT IN MÜNCHNER VOLKSSCHULEN

Friedrich Strauß

1967

AUS DER PÄDIATRISCHEN POLIKLINIK
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Kommissarischer Direktor: Prof. Dr. D. Vogt

ZUR FRAGE DER LUFTFEUCHTIGKEIT IN MÜNCHNER VOLKSSCHULEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Friedrich Strauß
aus Bad Reichenhall

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. K. STEHR
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. D. VOGT
Dekan:	Prof. Dr. M. KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 24. 1. 1967

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

INHALTSVERZEICHNIS

A. EINLEITUNG 5

B. DIE LUFTFEUCHTIGKEITSMESSUNGEN 7

I. Methodik: 7
a. Die Heizsysteme 7
b. Die Meßräume 8
c. Durchführung der Messungen 9

II. Die Meßergebnisse: 11
a. Allgemeines 11
b. Ergebnisse der ersten Meßreihe 12
c. Die zweite Meßreihe 14
1. Durchführung 14
2. Meßergebnisse 15
3. Meßergebnisse an den Sonntagen 18
d. Die dritte Meßreihe 20

III. Diskussion der Meßergebnisse 21

C. BAKTERIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN DES WASSERS UND DER VERDUNSTUNGSFILTER DER LUFTBEFEUCHTER 34

I. Durchführung der Untersuchungen 34

II. Ergebnis der bakteriologischen Untersuchungen 36

III. Diskussion der Ergebnisse 37

D. DER KRANKENSTAND DER SCHÜLER IN DEN VERSCHIEDENEN SCHULEN 39

E. ZUSAMMENFASSUNG 42

F. LITERATURVERZEICHNIS 45

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546019_0091

A. ABHÄNGIGKEIT DER BEHAGLICHKEIT VON TEMPERATUR UND RELATIVER LUFTFEUCHTIGKEIT

Neben der Kleidung haben die Räume, in denen sich der Mensch aufhält, die Aufgabe, ihm günstige klimatische Bedingungen zu schaffen. Man spricht deshalb geradezu von einem Raumklima, das durch die kombinierte Wirkung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung entsteht. Die Gesamtwirkung dieser drei Faktoren soll derartig sein, daß für den Menschen das Gefühl der Behaglichkeit entsteht (6), wobei unter Behaglichkeit die Empfindung einer ausgeglichenen Einwirkung der Umwelt auf den menschlichen Körper zu verstehen ist. Sie wird durch eine Reihe von Faktoren wie Geschlecht, Alter, Kleidung usw. beeinflußt (9). Die Behaglichkeitsmaße, die heute angewendet werden, berücksichtigen gewöhnlich nur die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit (3). Je nach der Tätigkeit, die der Mensch ausübt, soll die Lufttemperatur in einem Raum sich zwischen 12 und 22 °C bewegen (6). Für normal gekleidete Menschen ohne körperliche Arbeit nimmt man bei unserem mitteleuropäischen Klima eine Raumtemperatur von 19 °C im Winter und, wegen der leichteren Bekleidung, von 21 °C im Sommer an (9). Neben der Temperatur ist die relative Luftfeuchte, also das Verhältnis der in der Luft tatsächlich vorhandenen zu der bei der herrschenden Temperatur höchstmöglichen Feuchte (4, 13), der zweite entscheidende Faktor für die Behaglichkeit. So führt das Einatmen von zu trockener Luft zu ungünstigen Austrocknungserscheinungen an den Schleimhäuten der Atemwege. Klinische Untersuchungen haben gezeigt, daß dabei die Funktion der Flimmerhaare beeinträchtigt und der Schleim vielfach eingedickt wird. Er bleibt dann als klebrige Masse an den Schleimhäuten haften. Viele Autoren sind der Ansicht, daß die Austrocknung der Schleimhäute ein günstiges Milieu zur Ansiedlung krankheitserregender Keime darstellt. Ein großer Teil der Erkältungskrankheiten, die in der Heizperiode gehäuft aufzutreten pflegen, dürfte daher weniger auf die körperliche Abkühlung als auf die Austrocknung der Luftwege zurückzuführen sein (5). Zu trockene Luft erleichtert außerdem die Staubbildung, was wiederum zu Reizungen der Luftwege führen kann. Andererseits ist aber auch eine zu hohe Feuchtigkeit ungünstig, weil durch sie die Schweißverdunstung gehemmt und so wieder die Erkältungsgefahr gefördert wird. Als allgemeine Faustregel gilt, daß die relative Luftfeuchtigkeit in geheizten Räumen zwischen 40 und 60 % liegen und weder 30 % unter- noch 75 % überschreiten soll (5, 6, 9). Einen Eindruck davon, wie die relative Feuchte bei entsprechenden Temperaturen sein sollte, vermittelt Tabelle 1 (Seite 6).

Temperatur	12 °C	15 °C	20 °C
relative Feuchte	50-70 %	40-60 %	30-40 %

Aus Kölsch, Lehrbuch der Arbeitshygiene

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Frage, wie hoch die Luftfeuchtigkeit in Klassenzimmern Münchner Volksschulen ist. Außerdem wurde untersucht wie sich die relative Feuchte in den Schulen durch herkömmliche Luftbefeuchter beeinflussen läßt. Sowohl von der Elternals auch Lehrerschaft werden immer wieder Klagen über zu trockene Luft in den Schulen während der Heizperiode laut. Von zwölf befragten Lehrern gaben z. B. neun an, daß sich bei ihnen schon kurz nach Unterrichtsbeginn Reizungen der Stimmbänder bemerkbar machten, die während des weiteren Unterrichtes zu immer größerer Heißerkeit führten.

B. DIE LUFTFEUCHTIGKEITSMESSUNGEN

I. METHODIK

a.) Die Heizsysteme

Bevor die Gebäude und Räume, in denen die Feuchtigkeitsmessungen erfolgten, näher vorgestellt werden, sollen an dieser Stelle einige Erläuterungen über Heizungen im allgemeinen und die Heizsysteme in den betreffenden Schulen im besonderen erfolgen.

Die Aufgabe einer Heizung ist es, den Aufenthaltsraum des Menschen bei Bedarf zu erwärmen oder, anders ausgedrückt, die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers derart in der kalten Jahreszeit zu regulieren, daß sich ein Wärmegleichgewicht zwischen Körper und Umgebung einstellt. Seine Wärmebilanz soll dadurch ausgeglichen bleiben und der Organismus sowohl vor Abkühlung als auch Überwärmung geschützt werden. Der Mensch soll sich wärmephysiologisch behaglich fühlen (9).

Die Schulen, in denen die Messungen durchgeführt wurden, sind mit Niederdruckdampf- bzw. Warmwasserheizungen ausgestattet. Drei der vier Schulen sind außerdem an Fernheizwerke angeschlossen. Bei der Niederdruckdampfheizung wird Dampf in Kesseln erzeugt und mit einem Maximaldruck von 0,5 atü. über Rohrleitungen den Heizkörpern zugeleitet. Hier erfolgt die Kondensation des Dampfes zu Wasser, wodurch Kondensatonswärme frei wird, die über den Heizkörper an die Umgebung abgegeben wird. Das Kondensat kehrt dann zum Kessel zurück, um hier erneut in Dampf übergeführt zu werden (6). Der Vorteil der Dampfheizung gegenüber anderen Heizsystemen ist darin zu sehen, daß Dampf eine geringe Trägheit hat und daher die Räume schnell hochgeheizt werden können. Ein ganz entscheidender Nachteil ist aber, daß die Oberflächentemperaturen der Heizkörper bei diesem System zu hoch werden (6, 9). Schon bei etwa 70 °C beginnt nämlich der Staub, der sich immer in der Luft befindet und durch die Luftzirkulation auch an den Heizkörper vorbeigesaugt wird, an diesen zu verschwelen (2). Die dabei entstehenden Gase, vor allen Dingen Ammoniak (13), können zur Reizung der menschlichen Atemorgane führen und so das Gefühl zu trockener Luft aufkommen lassen. Die Temperaturen der Heizkörper bei Dampfheizungen liegen meist zwischen 110 ° und 130 °C (6), sodaß die Staubverschwelung ein ganz bedeutendes Ausmaß annehmen kann. Das andere Heizsystem, das in den Schulen angewendet wird, ist das der Warmwasserheizung. Hierbei wird Wasser in Kesseln auf etwa 90 °C erwärmt und dann über Rohre den Heizkörpern zugeführt. Hier erfolgt durch Wärmeabgabe eine Abkühlung des Wassers, sodaß es mit etwa 60 °C zum Kessel zurückkehrt. Die Oberflächentemperaturen der Heizkörper er-

reichen bei diesem System nur selten höhere Werte als 60 °C (6, 9). Eine Staubverschwelung ist aber bei dieser Temperatur noch nicht zu beobachten. Daraus ergibt sich, daß in Räumen, in denen sich der Mensch länger aufhält, der Warmwasserheizung der Vorzug vor der Dampfheizung zu geben ist. Diese Tatsache wird heute nahezu immer berücksichtigt. Auch drei der vier Schulen, in denen die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse im Rahmen dieser Arbeit überprüft wurden, haben Warmwasserheizung. Nur das Gebäude an der Klenzestraße 48 ist mit einer Niederdruckdampfheizung, die an das Fernheizwerk in der Müllerstraße angeschlossen ist, ausgestattet.

b.) Die Meßräume

Das Schulhaus an der Klenzestraße 48, das etwa um 1880 errichtet worden sein dürfte, ist ein dreigeschossiger Bau. Als Meßräume wurden in dieser Schule Zimmer 106 im ersten sowie Zimmer 201 und 208 im zweiten Obergeschoß ausgewählt. Zimmer 106 und 208 liegen direkt übereinander und haben mit einer Fläche von 11,90 m mal 5,40 m und einer Höhe von 3,95 m die gleiche Größe. Die drei dreiflügeligen, rundbogigen Fenster mit Oberlicht sind nach Südwesten gerichtet. Sie haben eine Größe von 2,60 mal 2,35 m. Unter den Fenstern sind zwei Gliederheizkörper oder Radiatoren mit einer Länge von 2 m, einer Höhe von 0,6 m und einer Breite von 0,3 m angebracht. Zimmer 201, dessen drei Fenster nach Nordwesten blicken, ist etwas größer als die beiden anderen Räume. Es wird ebenso wie diese durch zwei Radiatoren beheizt.

Der zweite Altbau, in dem die Feuchtigkeitsmessungen erfolgten, ist das 1901/02 errichtete Schulhaus an der St. -Martin-Straße 30. Bei ihm handelt es sich um einen viergeschossigen Bau, der mit einer Warmwasserheizung, die im Hause selbst mit Öl betrieben wird, ausgestattet ist. Die drei Meßräume, nämlich Zimmer 24, 26 und 32 im ersten Obergeschoß, sind mit einer Länge von 11,15, einer Breite von 6,45 und einer Höhe von 4,10 m alle gleich groß. Jeder Raum hat drei 2,25 mal 2,65 m große Fenster, die in Zimmer 24 und 26 nach Osten und in Zimmer 24 nach Westen zeigen. Geheizt werden die Räume durch jeweils drei Radiatoren, die 1,70 m lang, 0,60 m hoch und 0,10 m breit sind.

Diesen beiden beschriebenen Altbauten wurden zum Vergleich zwei Neubauten gegenübergestellt, nämlich die Volksschule an der Klenzestraße 27 und die Volksschule an der Farinellistraße 7. Erstere wurde 1961 bezogen. Sie besteht aus zwei Haupthäusern, die durch zwei Pavillons miteinander verbunden sind. Die Feuchtemessungen wurden alle in dem viergeschossigen Hauptgebäude an der Klenzestraße im zweiten Ober-

geschoß durchgeführt. Auch diese Meßräume, nämlich Zimmer 201, 203 und 205, haben mit 9,3 mal 6,37 mal 3,15 m alle die gleiche Größe. Die vier Fenster eines jeden Raumes sind 2,10 m breit und 1,95 m hoch. Sie blicken alle nach Südosten. Die Heizung der Zimmer erfolgt durch Warmwasserheizung vom Fernheizwerk an der Müllerstraße aus. Die beiden Radiatoren in jedem Raum haben eine Länge von 3,10, eine Höhe von 0,60 und eine Breite von 0,10 m.

Das Schulhaus an der Farinellistraße 7 wurde erst 1964 fertiggestellt. Es ist ein viergeschossiger Bau, dessen Räume mit Warmwasserheizung, die an das Fernheizwerk in der Theresienstraße angeschlossen ist, beheizt werden. Die Meßräume in diesem Gebäude lagen in verschiedenen Stockwerken, und zwar Zimmer 110 im ersten, Zimmer 210 im zweiten und Zimmer 306 im dritten Obergeschoß. Sie haben eine Länge von 8,30, eine Breite von 8,75 und eine Höhe von 3,15 m. Da diese Schule mit einer Einrichtung, die man als Querlüftung bezeichnet, ausgestattet ist, befinden sich an beiden Längsseiten der Klassenzimmer sowohl Fenster als auch Heizkörper. Das Prinzip der Querlüftung beruht darauf, daß durch Fenster an zwei einander gegenüberliegenden Seiten eines Raumes beim Lüften die Luft je nach den Windverhältnissen im Freien von der einen zu der anderen Seite durch den Raum strömen kann. In den Klassenzimmern der Schule an der Farinellistraße sind je vier Fenster von einer Breite von 1,80 und einer Höhe von 2,25 m nach Süden und je vier mit einer Größe von 1,80 mal 0,85 m nach Norden gerichtet. Die letzteren wurden in größerer Höhe als die anderen Fenster eingebaut. Unter beiden Fenstergruppen sind je vier Gliederheizkörper mit 1,35 m Länge, 0,57 m Höhe und 8 cm Breite angebracht.

c.) Durchführung der Messungen

Zu den Feuchtemessungen in den oben beschriebenen Räumen wurden sogenannte Thermo-Hygrographen verwendet, die sowohl die Temperatur als auch die relative Feuchte der Luft registrieren. Als Feuchtigkeitsmeßelement dienen bei diesen Geräten Menschenhaare, die die Eigenschaft haben, mit zunehmender Feuchtigkeit länger und mit abnehmender wieder kürzer zu werden. Die Längenänderung der Haare, die zu einer sogenannten Haarharfe geordnet sind, wird mittels eines Hebels und einer Schreibfeder in Form einer Kurve auf einem Papierstreifen, der über einer sich drehenden Trommel eingespannt ist, aufgezeichnet. Zur Temperaturregistrierung wird bei den Thermo-Hygrographen ein Metallthermometer oder Bimetall verwendet. Es handelt sich dabei um einen Doppelstreifen aus zwei verschiedenen Metallen, der sich wegen der verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten beider Metalle mit steigender Temperatur krümmt. Die Krümmungsände-

rungen werden ebenfalls mittels eines Hebels und einer Schreibfeder auf dem gleichen Papierstreifen wie die relative Feuchte in Form eines Kurvenzuges aufgezeichnet. Da die Registriertrommel zu einer vollen Umdrehung 24 Stunden braucht, müssen die Papierstreifen alle 24 Stunden ausgewechselt werden.

Die Genauigkeit der Meßgeräte wurde mit einem geeichten Aspirations-Psychrometer überprüft. Bei diesem Gerät wird eine gewisse Luftmenge an zwei Thermometern, von denen das eine sich zum Teil in destilliertem Wasser befindet, das andere aber völlig trocken ist, vorbeigesaugt. Da Wasser umso schneller verdunstet und damit die Verdunstungskälte umso größer ist je weniger Wasser in der Luft ist, kann man aus der Temperatur des trockenen und der Temperaturdifferenz beider Thermometer mit Hilfe einer Tabelle die absolute und die relative Feuchte bestimmen. Die absolute Feuchte ist die, die augenblicklich wirklich vorhanden ist, während die relative Feuchte das Verhältnis der absoluten zu der bei der Temperatur höchstmöglichen Feuchtigkeit darstellt.

Mit den Thermo-Hygrographen wurden in jeder der vier Schulen jeweils drei Meßreihen durchgeführt, von denen sich jede über eine Woche erstreckte. Insgesamt erfolgten 240 ganztägige Einzelmessungen. Dazu wurde in jedem der drei oben beschriebenen Räume einer Schule ein Meßgerät aufgestellt. Als Standort diente jeweils ein zwei Meter hoher Schrank an der der Tafel gegenüberliegenden Stirnseite der Zimmer. Dieser Platz erschien deshalb am günstigsten, weil hier die empfindlichen Meßgeräte einigermaßen vor der Neugierde der Schüler in Sicherheit schienen. Versuche mit dem Aspirations-Psychrometer ergaben, daß die Feuchtigkeitswerte in niedrigerer Höhe keine nennenswerte Differenz zu den auf den Schränken gemessenen zeigten.

II. DIE MESSERGEBNISSE

a.) Allgemeines

Die bei den einzelnen Messungen gefundenen Kurven zeigen sowohl im Hinblick auf die Temperatur als auch die relative Feuchte immer die gleiche Verlaufsform, die an Hand der Kurven in Abbildung 1 nun näher erläutert werden sollen.

Die ersten beiden Kurven zeigen den Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf in Zimmer 24 der Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 am 2.2.1965. Aus ihnen ist deutlich ersichtlich, daß die Temperatur und die relative Luftfeuchte bis zum Unterrichtsbeginn nahezu unverändert bleiben. Die Temperatur steigt dann bis zur großen Pause um 10 Uhr 30 von 21,5 °C stetig bis auf 25 °C an. Während der Pause sinkt sie durch das Lüften bis 22 °C ab, um während der restlichen Unterrichtszeit wieder auf ungefähr 24 °C anzusteigen. In der Feuchtigkeitskurve ist schon kurz nach Unterrichtsbeginn ein deutlicher Anstieg von 20,5 % auf 27 % zu erkennen. Darauf nimmt sie infolge eines kurzen Lüftens leicht ab, um bis zur Pause wieder den Wert von 27 % zu erreichen. In der Pause erfolgt ein Abfall der relativen Feuchte auf 23 %, an den sich, durch ein kurzes Lüften nach der nächsten Unterrichtsstunde unterbrochen, wieder ein Anstieg auf etwa 26 % anschließt. Nach Schulschluß sinkt die Feuchte auf 21 % ab. Im Laufe des Nachmittags erfolgt dann wieder ein Anstieg der Feuchte bei leicht abnehmender Temperatur. Nahezu den gleichen Verlauf zeigt das zweite Beispiel in Abbildung 1. Hier ist der Verlauf der beiden Kurven in Zimmer 203 der Volksschule an der Klenzestraße 27 wiedergegeben. Durch die größere Schülerzahl von 44 gegenüber 34 beim ersten Beispiel und die Tatsache, daß es sich bei dieser Schule um einen Neubau handelt, liegen die Feuchtigkeitswerte nur insgesamt höher. Auch hier ist festzustellen, daß die relative Feuchte während des Unterrichtes zu-, während des Lüftens dagegen abnimmt. Das dritte Beispiel zeigt den Kurvenverlauf am Sonntag, den 14.2.65 in Zimmer 110 der Volksschule an der Farinellistraße 7. Da der Raum an diesem Tag weder gelüftet noch von Schülern besucht wird, bilden sowohl die einzelnen Temperatur- als auch Feuchtewerte nahezu eine Gerade.

Der relativ große Anstieg der relativen Feuchte an den Schultagen schon kurz nach Unterrichtsbeginn läßt sich folgendermaßen erklären: Schon in der Ruhe gibt der erwachsene Mensch bei jedem Atemzug ungefähr 0,03 g Wasser mit der Ausatmungsluft ab. Rechnet man, daß ein Erwachsener in Ruhe etwa 15 Atemzüge pro Minute ausführt, so gibt er alleine dabei 25 - 30 g Wasser in der Stunde an seine Umgebung ab. Dazu kommt noch einmal etwa die gleiche Menge, die durch die unwillkürliche Hautatmung oder Perspiratio insensibilis frei wird (6). Bei Kin-

dern liegen diese Werte etwas niedriger; man kann jedoch annehmen, daß durch die Atmung und Perspiratio insensibilis eines jeden Kindes eine Wassermenge von 40 - 45 g pro Stunde entsteht. Bei einer Schülerzahl von 44 Kindern, wie sie in Zimmer 203 der Schule an der Klenzestraße 27 am 29. 1., an dem die dargestellten Kurven registriert wurden, zu finden war, ergibt dies eine Wassermenge von 1700 - 1800 g pro Stunde. Die Abnahme der Feuchtigkeit beim Lüften hat folgende Ursache: Im Freien sind während der Wintermonate immer höhere Feuchtewerte festzustellen als in den geschlossenen Gebäuden. Mit der Temperatur verhält es sich dagegen umgekehrt. Am 2.2.65, an dem die dargestellten Kurven in Zimmer 24 der St.-Martin-Schule aufgezeichnet wurden, herrschte z.B. im Freien eine durchschnittliche relative Feuchte von 78 % bei - 3,4 °C. Im Zimmer wurde dagegen ein Durchschnittswert der relativen Feuchte von etwa 23 % bei 22,5 °C gefunden. Beim Lüften kommt also kalte Luft mit einer hohen relativen Feuchte in den warmen Raum. Dabei wird die kalte Luft aus dem Freien erwärmt. Da aber wärmere Luft bis zu ihrer Sättigung mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte, sinkt dabei die relative Feuchte auf niedrigere Werte ab. Daraus geht hervor, daß das Lüften in den Wintermonaten immer ein Absinken der Luftfeuchtigkeit in den Räumen nach sich ziehen muß. In diesem Zusammenhang erscheint die Klärung der Frage, wie die Räume, in denen die Feuchtemessungen erfolgten, in der Regel gelüftet werden, von besonderer Bedeutung. An Hand von Fragebogen, die die Lehrkräfte ausfüllten, konnte festgestellt werden, daß die Lüftungsgewohnheiten in allen Klassenzimmern nahezu gleich sind. Während des Unterrichtes ist meist ein Fenster teilweise geöffnet. Dies ist schon alleine deshalb notwendig, weil in keinem Klassenzimmer die Möglichkeit besteht, die Zimmertemperatur durch Auf- oder Abdrehen der Heizkörper den jeweiligen Erfordernissen anzupassen. Die Temperatur kann in sämtlichen Schulhäusern nur zentral reguliert werden. Nach jeder Unterrichtsstunde erfolgt meist ein kurzes Lüften, während in der großen Pause die Räume richtig durchgelüftet werden.

b.) Ergebnisse der ersten Meßreihe

Es wurde bereits erwähnt, daß die Feuchtemessungen in den Schulen in drei Serien durchgeführt wurden. Die erste Meßreihe diente dem Zweck, die Feuchtigkeitsverhältnisse, wie sie in den Schulen unter normalen Bedingungen, also ohne Befeuchter, herrschen, zu erforschen.

Eingangs wurde erläutert, welch entscheidenden Einfluß die relative Feuchte auf das Behaglichkeitsempfinden des Menschen hat. Als untere Grenze des Behaglichkeitsfeldes wurde dabei für die relative Feuchte ein Wert von 30 % angegeben. Dieser Wert wurde bei der ersten Meßserie sehr oft unterschritten. Besonders in den Altbauten wurde er nur selten und hier nur in Räumen mit verhältnismäßig großer Schülerzahl

erreicht bzw. überschritten. Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte der relativen Feuchte und Temperatur, die bei den ersten Messungen während der Unterrichtsstunden und der übrigen Tageszeit in der Volksschule an der Klenzestr. 48 herrschten. Außerdem sind in ihr noch zum Vergleich die entsprechenden Werte, die vom Deutschen Wetterdienst in München am Bavariaring im Freien gemessen wurden, enthalten. In sämtlichen Tabellen ist zur besseren Beurteilung der angegebenen Mittelwerte noch die mittlere quadratische Abweichung σ angeführt. Aus der Tabelle 2 ist zu entnehmen, daß die relative Feuchte in den Zimmern 106 und 201, die von 33 bzw. 36 Schülern besucht wurden, nur sehr selten den geforderten Werten entsprach. In Zimmer 208, das 47 Schüler besuchten, fanden sich bessere Verhältnisse. Daß aber auch hier die relative Feuchte ständig im unteren Abschnitt des Behaglichkeitsbereiches lag, geht schon aus der Gegenüberstellung der Wochenmittel in den drei Meßräumen hervor.

Z 106	Z 201	Z 208
25,6 % ± 2,7	25,8 % ± 3,2	31,6 % ± 3,4

TABELLE 3

Die höchsten Werte, die während der ersten Meßreihe in den drei verschiedenen Räumen überhaupt abgelesen werden konnten, waren: In Zimmer 106 35 % bei 22 °C, in 201 34 % bei 22 °C und in Zimmer 208 40,5 % auch wieder bei 22 °C.

Über die Meßergebnisse im zweiten Altbau, nämlich in der Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 gibt die Tabelle 4 Auskunft. Hier konnte an keinem der Meßtage in einem Raum der Grenzwert von 30 % erreicht werden. Bei den Messungen waren in Zimmer 24 34 Schüler, in Zimmer 26 26 und in Zimmer 32 39 anwesend. Das Wochenmittel lag in allen drei Klassenzimmern um 25 %. Als höchste Werte konnten in den verschiedenen Räumen folgende abgelesen werden: In Zimmer 24 36 % bei 25 °C, in Zimmer 26 32 % bei 25 °C und in Zimmer 32 32 % bei 23 °C. Auffallend sind an diesen Zahlen die hohen Temperaturwerte. Aus ihnen ist zu ersehen, daß die Räume in dieser Schule überheizt waren, was man auch subjektiv beim Betreten der Zimmer empfand. Diese hohen Temperaturen mögen zum Teil für die sehr niedrigen Feuchtwerte mitverantwortlich sein.

Den Messungen in den beiden Altbauten wurden Messungen in zwei Neubauten gegenübergestellt. Die Ergebnisse in der Volksschule an der Klenzestraße 27 sind in der Tabelle 5 zusammengestellt. Auch in dieser Schule konnten Feuchtewerte, die unter der 30 %-Grenze lagen, gemessen werden. Allerdings traten sie nur in Zimmer 205, das mit

28 Kindern die geringste Schülerzahl der drei Meßräume in dieser Schule aufwies, auf. Die Werte in Zimmer 201, das 31 Schüler besuchten, lagen durchweg im unteren Bereich des Behaglichkeitsfeldes. Zimmer 203 war mit 44 Schülern besetzt. In ihm konnten die weitaus höchsten Feuchtewerte ermittelt werden. Diese Tatsache geht schon eindeutig aus dem Vergleich der Wochenmittel der relativen Feuchte in den einzelnen Zimmern hervor.

Z 201	Z 203	Z 205
32,4% ± 0,7	40,9% ± 2,4	28,6% ± 2,9

TABELLE 6

Auch der höchste Feuchtewert, der bei dieser Meßreihe in allen vier Schulen überhaupt registriert wurde, trat in diesem Zimmer mit 56% bei 23,5 °C auf, während in Zimmer 201 nur 38% bei 23 °C und in Zimmer 205 33,5% bei 22 °C als höchste relative Feuchte zu messen waren.

Die erste Serie wurde mit Messungen in der Volksschule an der Farinellistraße 7 abgeschlossen. Über die Ergebnisse soll Tabelle 7 unterrichten. Obwohl es sich auch bei dieser Schule um einen Neubau handelt, lagen die Feuchtewerte, wie das Wochenmittel zeigt, im Durchschnitt nur knapp über 30 %.

Z 110	Z 210	Z 306
30,1% ± 5,6	31,2 % ± 5,2	30,7% ± 5,7

TABELLE 8

Zimmer 110 wurde von 29, Zimmer 210 von 31 und Zimmer 306 von 35 Schülern besucht. Die höchsten Werte, die in den einzelnen Zimmern gemessen werden konnten,liegen mit 37,5% bei 22 °C in Z 110, mit 38,5% bei 23 °C in Z 210 und in Z 306 mit 36% bei 22 °C sehr nahe zusammen.

Ob und in welchem Umfang sich die niedrigen Luftfeuchtigkeitswerte, die während der ersten Meßserie in nahezu allen Meßräumen registriert wurden, durch die Verwendung von Luftbefeuchtern verbessern lassen, sollte die zweite Meßreihe klären.

c.) Die zweite Meßserie.

1.) Durchführung

Zu dieser Versuchsreihe wurden in jeder der vier Schulen jeweils zwei der bei der ersten Serie schon durchgemessenen Klassenzimmer mit Luftbefeuchtern ausgestattet, während das dritte als Vergleichsraum

ohne derartige Geräte blieb. Um gleichzeitig die Wirkung verschiedener Fabrikate zu überprüfen, wurden zweierlei Verdunstungsgeräte verwendet, die sich in ihrer Bauweise aber nicht wesentlich unterscheiden. Hauptbestandteil beider Fabrikate ist ein Papierfilter, der bei den Tropa-Luftbefeuchtern einen karton- und bei den Lucagra-Geräten einen filzartigen Charakter hat. Dieser Filter, an dem die Verdunstung erfolgt, taucht zu etwa einem Drittel in einen Wasserbehälter ein und ist deshalb immer mit Wasser vollgesaugt. Um die Filter vor Beschädigung zu schützen, sind sie hinter einem Blech, das zahlreiche Lüftungsschlitze aufweist, befestigt. Die Tropa-Befeuchter werden nur an der Vorderseite der Heizkörper befestigt, die Lucagra-Befeuchter bedecken dagegen die Oberfläche und Vorderseite der Radiatoren. Die Filtergröße der letztgenannten Geräte ist etwa 42 mal 38 cm, die Tropa-Befeuchter sind dagegen mit zwei Filtern, die jeweils eine Fläche von 33 mal 65 cm haben, ausgestattet. Die Bedienung beider Befeuchtertypen ist sehr einfach. Es muß nur täglich Wasser nachgegossen werden. Nach Angaben der Hersteller sollen die Filter, da durch Kalkeinlagerungen aus dem Wasser ihre Verdunstungsleistung allmählich nachläßt, bei den Tropa-Geräten alle 4 - 6 Wochen erneuert werden. Bei den Lucagra-Befeuchtern ist dies nur einmal während einer Heizperiode erforderlich. Außerdem sollen die Befeuchter in größeren Zeitabständen gründlich mit Wasser ausgespült werden.

Die Registrierung der Feuchte- und Temperaturwerte erfolgte auch bei der zweiten Meßreihe wieder mit den beschriebenen Thermo-Hygrographen. Auch der Standort der Meßgeräte wurde nicht verändert.

2.) Meßergebnisse

Nachdem bei der ersten Meßreihe die Ergebnisse in den beiden Altbauten besonders niedrige Werte ergeben hatten, soll an dieser Stelle der Bericht über die Wirkung der Luftbefeuchter in diesen Gebäuden stehen, wenngleich die zweite Meßreihe in der Volksschule an der Farinellistraße begonnen wurde.

Die Messungen in der Volksschule an der Klenzestraße 48 erfolgten in der Zeit vom 9. bis einschließlich 14.3. Die dabei vorgefundenen Ergebnisse sollen durch Abbildung 2 dargestellt werden. Die einzelnen Kurvenpunkte geben dabei die Wochenmittel der zu den betreffenden Tageszeiten abgelesenen Feuchtewerte an. Zum Vergleich sind in die Abbildung noch die entsprechenden Kurvenverläufe aus der ersten Meßreihe eingezeichnet.

Aus den dargestellten Kurven ist ersichtlich, daß, obwohl Z 106 mit vier Tropa- und Z 201 mit vier Lucagra-Befeuchtern ausgestattet war, in diesen Räumen niedrigere Luftfeuchtigkeitswerte als bei der ersten Versuchsreihe auftraten. Ein Vergleich der Wochenmittel der beiden Meßserien veranschaulicht diese Tatsache noch mehr.

	Z 106	Z 201	Z 208
I. Serie	25,6% ± 2,7	25,8% ± 3,2	31,6% ± 3,4
II. Serie	24,9% ± 0,5	23,5% ± 5,4	25,2% ± 0,6

TABELLE 9

Aus Tabelle 9 geht hervor, daß die relative Feuchte auch in Zimmer 208 nun deutlich tiefer lag, obwohl die Schülerzahl auch in diesem Raum unverändert blieb. Die Ursache für den Abfall der Luftfeuchte in allen drei Räumen ist in den veränderten Witterungsverhältnissen zu suchen. Während der ersten Meßreihe herrschte im Freien eine durchschnittliche Temperatur von 0,1 °C, bei der zweiten aber von -1,85 °C. Allerdings war nun auch die relative Feuchte im Freien mit 74% gegenüber 82% bei der zweiten Serie deutlich niedriger. Obwohl sich also die äußeren Verhältnisse deutlich verändert hatten, blieb die Art wie die Räume gelüftet wurden gleich, sodaß nun kältere Luft mit einer geringeren Feuchte in die Zimmer einströmte. Nach dem, was oben über die Abhängigkeit der relativen Feuchte von der Temperatur und der Art des Lüftens geschrieben wurde, muß unter solchen Umständen die relative Feuchte in sämtlichen Räumen niedriger werden. Zur Wirkung der Luftbefeuchter läßt sich feststellen (Tab. 9 und Abb. 2), daß die durchschnittlichen Feuchtewerte in den drei Meßräumen nun keine so große Differenz als bei der ersten Versuchsreihe mehr aufwiesen. Durch die Geräte gelang es also, die größere relative Luftfeuchte in Zimmer 208, die aus der höheren Schülerzahl resultierte, in den beiden anderen Räumen nahezu zu kompensieren.

Über die Ergebnisse in der Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 geben die Kurvenverläufe in der Abbildung 3 Auskunft. Zum Vergleich wurden auch hier wieder die entsprechenden Kurven der ersten Meßreihe eingezeichnet. In dieser Schule wurde Zimmer 24 mit vier Lucagra- und Zimmer 32 mit vier Tropa-Luftbefeuchtern ausgestattet. Aus der Abbildung 3 und der folgenden Tabelle der Wochenmittel der relativen Feuchte geht hervor, daß bei der zweiten Serie deutlich höhere Werte als bei der ersten in allen drei Räumen registriert werden konnten.

	Z 24	Z 26	Z 32
I. Serie	24,7% ± 5,3	25,0% ± 3,1	25,6% ± 5,3
II. Serie	31,1% ± 0,7	30,3% ± 2,2	37,1% ± 0,6

TABELLE 10

Der Anstieg der relativen Feuchte ist allerdings nicht nur als Folge der Wirkung der Luftbefeuchter anzusehen; denn auch in dem Vergleichsraum Z 26 war nun ein deutlicher Anstieg der Feuchtewerte zu verzeichnen. Allerdings wurde dieser Raum nun von einer wesentlich größeren Schülerzahl als bei der ersten Versuchsreihe besucht. Einen bedeutenden Einfluß auf die gefundenen Werte dürften aber auch hier wieder die veränderten Witterungsverhältnisse haben. Die relative Feuchte im Freien war bei der zweiten Meßserie zwar mit durchschnittlich 73 % gegenüber 84 % um 11 % niedriger; dem stand aber mit durchschnittlich 6,5 °C gegenüber -2,4 °C nun eine um etwa 9 °C höhere Temperatur im Freien entgegen. Die Luft mußte jetzt bei ihrem Eintritt in die Räume nicht mehr so stark erwärmt werden als bei der ersten Serie. Die relative Feuchte blieb deshalb nun deutlich höher.

Bei der Frage nach der Wirkung der Luftbefeuchter in dieser Schule fällt auf, daß in Zimmer 32 bei nahezu gleicher Schülerzahl wie in Zimmer 24 eine um 6 % höhere durchschnittliche relative Luftfeuchte registriert werden konnte. Diese Tatsache läßt den Schluß zu, daß in dieser Schule die Tropa-Luftbefeuchter einen deutlich größeren Effekt hatten.

Die Messungen zur zweiten Serie erfolgten in der Volksschule an der Klenzestraße 27 in der Zeit vom 23. bis 29.3.65, nachdem hier Zimmer 201 mit vier Lucagra- und Zimmer 205 mit der gleichen Anzahl Tropa-Luftbefeuchter ausgerüstet worden war. Zimmer 203, in dem bei der ersten Versuchsreihe die höchsten Feuchtewerte registriert werden konnten, blieb zum Vergleich ohne Befeuchter. Die Meßergebnisse sollen auch hier wieder mittels einer Abbildung (Abb. 4) veranschaulicht werden. Aus ihr ist zu ersehen, daß auch bei diesen Messungen in Zimmer 203 wieder die höchsten Feuchtewerte gefunden wurden. Wie aus Tabelle 11 zu erkennen ist, kann man aber beim Vergleich der Wochenmittel der einzelnen Räume eine deutliche Annäherung dieser Mittelwerte aneinander während der zweiten Meßreihe feststellen.

	Z 201	Z 203	Z 205
I. Serie	32,5 % ± 0,7	40,9 % ± 2,4	28,6 % ± 2,9
II. Serie	47,6 % ± 3,8	48,3 % ± 6,2	45,2 % ± 3,6

TABELLE 11

Am deutlichsten war die Erhöhung der relativen Feuchte im Vergleich zur ersten Serie um 16,6 % in Zimmer 205; aber auch Zimmer 201 hatte mit 15,1 % einen starken Anstieg zu verzeichnen, während er in Zimmer 203

nur 7,4 % betrug. Die Tropa-Luftbefeuchter scheinen auch in dieser Schule eine größere Wirkung als die Lucagra-Geräte erzielt zu haben, wenngleich der Unterschied auch nicht ganz so groß wie in der Schule an der St.-Martin-Straße war. Im Freien herrschte während der zweiten Meßreihe eine durchschnittliche Feuchte von 79 %. Sie war damit um etwa 3 % niedriger als bei den ersten Messungen. Dagegen war die Temperatur mit 7,0 °C gegenüber 1,3 °C um 5,7 °C höher.

In der Volksschule an der Farinellistraße 7 wurden die Messungen zur zweiten Serie in der Zeit vom 15. bis 21. Feburar durchgeführt. In dieser Woche fand sich im Freien eine relative Feuchte von durchschnittlich 85 % bei einer Temperatur von -5,4 °C, gegenüber 82 % bei -2,8 °C zur Zeit der ersten Meßreihe. Durch das Anbringen von je vier Tropa-Luftbefeuchtern konnte, wie aus Tabelle 12 ersichtlich ist, in Zimmer 110 im Vergleich zur ersten Meßreihe ein Anstieg der relativen Feuchte um 5,9 % und in Zimmer 306 um 2,7 % durch die Befeuchter erzielt werden. Der Anstieg in Zimmer 210, das ohne Befeuchter blieb, betrug dagegen nur 1,1 %.

	Z 110	Z 210	Z 306
I. Serie	30,0 % ± 5,6	31,2 % ± 5,2	30,7 % ± 5,7
II. Serie	35,9 % ± 2,0	32,3 % ± 0,9	33,4 % ± 1,3

TABELLE 12

Welche Feuchteverhältnisse während eines ganzen Tages im Durchschnitt vorlagen, zeigt Abbildung 5. Aus ihr geht deutlich hervor, daß die höheren Feuchtewerte in Zimmer 210 bei der ersten Meßreihe nun durch die Luftbefeuchter in Zimmer 110 und 306 kompensiert bzw. übertroffen werden konnten. Allerdings war in dieser Schule keine so große Wirksamkeit der Befeuchter wie z. B. in der Schule an der Klenzestraße 27 festzustellen.

3.) Die Meßergebnisse an den Sonntagen

Es wurde bereits ausführlich erläutert, wie sehr die relative Feuchte in einem Raum von der Zahl der im Raum anwesenden Personen und der Art des Lüftens beeinflußt wird. In den verschiedenen Schulen werden die einzelnen Zimmer nahezu völlig gleichartig gelüftet. Die Zahl der im Raum anwesenden Schüler variiert dagegen häufig sehr stark. Die Frage nach der Wirkung der Luftbefeuchter läßt sich daher am besten an Hand der Messungen, die in den einzelnen Schulen an den Sonntagen während der zweiten Versuchsreihe durchgeführt wurden,

beantworten. An diesen Tagen herrschen in den verschiedenen Klassenzimmern eines Schulhauses, von kleinen Unterschieden, die sich aus der Lage der einzelnen Zimmer zueinander ergeben, abgesehen, die gleichen raumklimatischen Bedingungen. Die Feuchtigkeitsverhältnisse an den Sonntagen sind in Abbildung 6 dargestellt.

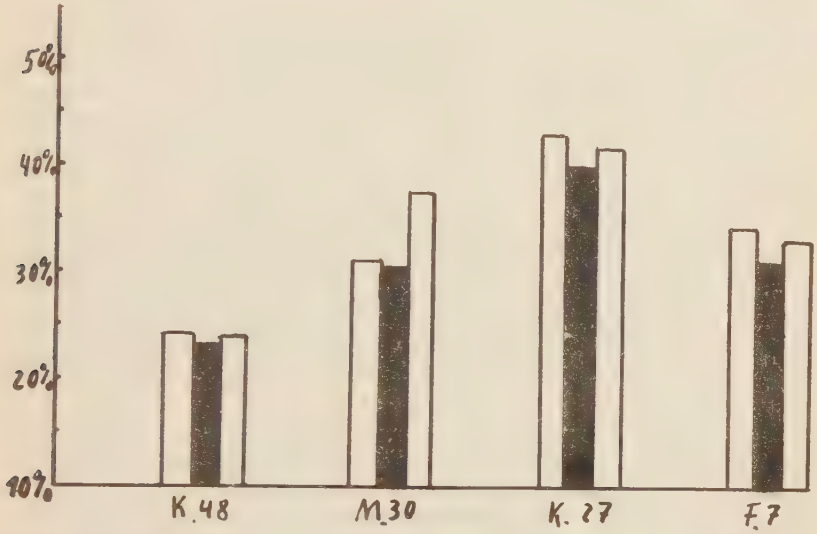


ABBILDUNG 6

Die Höhe der Säulen gibt die an den Sonntagen gefundenen durchschnittlichen Werte der relativen Luftfeuchtigkeit an, die dunkle Säule gilt für die Räume ohne Befeuchter.

Die deutlichste Differenz zwischen den Räumen mit und ohne Befeuchter fand sich hier bei den Messungen in der Schule an der St. -Martin-Straße 30. Sonst sind die Verhältnisse an Sonntagen in den übrigen drei Schulen nahezu gleich. Es geht aus der Gegenüberstellung in Abbildung 6 hervor, daß die Verdunstungsgeräte an den Tagen, an denen in den verschiedenen Zimmern nahezu die gleichen Bedingungen herrschen, nur eine Erhöhung der relativen Feuchte um durchschnittlich 2 bis 3 % bewirken. Lediglich die Verhältnisse in Zimmer 32 der Volksschule an der St. -Martin-Straße 30 bilden eine Ausnahme. Die Tatsache, daß die Luftbefeuchter an den Unterrichtstagen in allen Schulen eine deutlichere Wirkung als an den Sonntagen zeigten, läßt sich dadurch erklären, daß die Heizungen über das Wochenende in allen Schulen gedrosselt

werden. Die Heizkörper erreichen also nicht so hohe Temperaturen wie an den übrigen Tagen. Dadurch wird natürlich auch die Wasserverdunstung an den Befeuchtern und damit deren Wirkung geringer.

d.) Die dritte Meßreihe

In der vorliegenden Arbeit sollten die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse in den Volksschulen während der kälteren Jahreszeit, in der die Räume geheizt werden müssen, untersucht werden. Mit dem Ende der Heizperiode wäre deshalb eigentlich der Versuchszeitraum abgeschlossen gewesen. Es erschien aber interessant, in einer dritten Meßreihe die Feuchteverhältnisse in den Schulen zu einer Zeit zu bestimmen, während der nicht mehr geheizt wird.

Während im Winter im Freien durchwegs hohe relative Feuchtewerte zu finden sind, herrschen während der wärmeren Jahreszeiten niedrigere vor. Dies läßt sich aus den höheren Temperaturen im Freien erklären und wirkt sich auch auf die relative Feuchte in den Räumen aus, da nun zwischen dem Rauminneren und Freien keine so hohe Temperaturdifferenz mehr besteht. Bei Eintritt in die Räume wird die Luft also nicht mehr so stark erwärmt und behält dadurch eine größere relative Feuchte.

Die Ergebnisse der dritten Meßreihe, die auf die gleiche Art wie bei den ersten beiden Versuchsserien ermittelt wurden, sind in Tabelle 13 aufgezeigt. Es ist deutlich zu erkennen, daß in allen Klassenzimmern nun ständig annehmbare Feuchteverhältnisse herrschten. Die Luftbefeuchter, die zwar noch mit Wasser gefüllt waren, zeigten nun keine Wirkung mehr, d.h. die relative Feuchte war in den Räumen mit und ohne Befeuchter nahezu gleich. Auch zwischen den Luftfeuchtigkeitsverhältnissen in Alt- bzw. Neubauten konnte kein Unterschied mehr gefunden werden. Ebenso wirkte sich die größere Schülerzahl eines Klassenzimmers gegenüber einem anderen nicht mehr auf die relative Feuchte aus.

Wie bei den ersten beiden Meßreihen wurden auch während der dritten Serie neben der relativen Feuchte die Raumtemperaturen registriert. Dabei stellte sich heraus, daß, von Tagen mit sehr hohen Temperaturen im Freien abgesehen, in den Klassenzimmern nun häufig niedrigere Temperaturwerte zu finden waren als während der Heizperiode. Auf die Auswirkung der hohen Raumtemperaturen während der Heizperiode auf die relative Feuchte in den Klassenzimmern soll in der Diskussion der Meßergebnisse eingegangen werden.

III. DISKUSSION DER MESSERGEBNISSE

Wie die Ergebnisse der ersten Meßreihe zeigen, herrschen zumindest in den Schulen, die in einem Altbau untergebracht sind, oft Luftfeuchtigkeitsverhältnisse, die den für die Behaglichkeit der Schüler zu fordernden Werten nicht entsprechen. Dies gilt besonders für solche Tage, an denen die Temperatur im Freien unter 0 °C liegt. In den Neubauten wurden durchweg höhere Feuchtewerte gefunden, die aber auch alle, von einer einzigen Ausnahme abgesehen, in keinem Klassenzimmer den unteren Bereich des Behaglichkeitsfeldes überschritten. Bei den in dieser Arbeit angegebenen Zahlen handelt es sich zwar meist um Mittelwerte eines ganzen Tages, während für die Gesundheit und Behaglichkeit der Schüler und Lehrkräfte in erster Linie die während der Unterrichtszeit gemessenen Werte verantwortlich sind. In den Tabellen 2, 4, 5 und 7 wurden jedoch die Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur während des Unterrichts denen des übrigen Tages gegenübergestellt. Der Vergleich der während der Unterrichtsstunden und der übrigen Tageszeit gemessenen Werte ergibt, daß erstere nur um durchschnittlich 2 bis 3 % höher als letztere liegen. Die Mittelwerte verfälschen also das Bild nahezu überhaupt nicht. Die relative Feuchte in den Klassenzimmern erscheint nach den Messungen zu dieser Arbeit so gering, daß man den Klagen der Eltern und Lehrer unbedingt ihre Berechtigung zubilligen muß. Nach den Ergebnissen der zweiten Meßreihe ist es allerdings sehr zweifelhaft, ob die bei den Untersuchungen verwendeten Luftbefeuchter die herrschenden Feuchteverhältnisse nennenswert verbessern können, da im Durchschnitt die relative Luftfeuchte in den Räumen durch die Verwendung der Befeuchter um höchstens 5-10 % anstieg. Diese Tatsache läßt es nicht angebracht erscheinen, die Installation dieser eben nicht billigen Geräte in sämtlichen Volksschulen zu empfehlen. In kleineren Räumen wie Büros und Wohnungen mögen diese Luftbefeuchter durchaus eine angemessene Wirkung haben; die Klassenzimmer mit einem Rauminhalt von 200 bis 300 cbm sind aber einfach zu groß, als daß man auch durch Anbringen einer größeren Zahl solcher Verdunster eine deutliche Änderung der relativen Feuchte in diesen Zimmern erzielen könnte. Für Räume dieser Größe erscheinen Luftbefeuchter, die das Wasser in kleinen Tropfen versprühen wesentlich geeigneter. Allerdings arbeiten Geräte dieser Art, die Räume von der Größe eines Klassenzimmers wirkungsvoll befeuchten könnten, heute noch so laut, daß durch sie der Unterricht erheblich gestört würde. Ein weiterer Einwand, der sich gegen diese Befeuchter erheben läßt, ist der, daß ihre Bedienung und Wartung einen großen Aufwand erfordert. Es erscheint zweifelhaft, ob die Wartung der komplizierteren Zerstäuber den Lehrern oder gar Schülern zugemutet werden kann. Ein direkter Anschluß der Zerstäuber an die Wasserleitung wäre schon durch die erheblichen Mehrkosten dieser Installation ausgeschlossen.

Eine, allerdings bescheidene, Erhöhung der relativen Feuchte in den Klassenzimmern ließe sich aber auf sehr einfache Weise erreichen. Es wurde im Rahmen dieser Arbeit schon wiederholt auf die Abhängigkeit der relativen Feuchte von der Temperatur hingewiesen. In diesem Zusammenhang muß festgestellt werden, daß in den Klassenzimmern während der Heizperiode oft Temperaturen gefunden wurden, die für ein Schulzimmer deutlich zu hoch sind. Gemessene Werte von 25 °C und darüber waren durchaus keine Seltenheit, ja es traten teilweise sogar Temperaturen von 28 °C auf. Die Klassenzimmer sind also vielfach überheizt. Durch die Meßergebnisse der dritten Serie konnte sogar festgestellt werden, daß die Temperaturen in den Klassenzimmern während der wärmeren Jahreszeit teilweise tiefer lagen als während der Heizperiode. So wurden z.B. in Zimmer 26 der Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 während der ersten Meßreihe an allen Meßtagen Tagesdurchschnittstemperaturen von über 24 °C ermittelt. Bei der dritten Serie ergaben sich dagegen in dem gleichen Raum nur 21 °C im Durchschnitt. In der Einleitung zu dieser Arbeit wurde schon erwähnt, daß die Raumtemperatur in den Sommermonaten wegen der leichteren Bekleidung höher sein sollte als während der Heizperiode. Die hohen Raumtemperaturen während der Heizperiode hatten natürlich, da in keinem Klassenzimmer die Möglichkeit zum Abdrehen der Heizkörper besteht, zur Folge, daß während des Unterrichtes wenigstens ein Fenster oder Oberlicht in jedem Zimmer geöffnet war. Es wurde bereits erläutert wie sehr die relative Luftfeuchtigkeit in einem Raum von seiner Lüftung abhängt. Auch das Dauerlüften während des Unterrichtes muß demnach eine nachteilige Wirkung auf die Feuchtigkeitsverhältnisse in den Schulräumen haben. Würde man die Temperatur in den Klassenzimmern durch eine genauere Einstellung der Heizung bei etwa 20 bis 21 °C konstant halten, so ließen sich für das Raumklima folgende Verbesserungen erreichen:

1.) Durch die niedrigere Raumtemperatur würde das Verhältnis der absoluten zur höchstmöglichen Feuchte günstiger, d.h. die relative Luftfeuchte stiege an. Nimmt man z.B. an, daß der absolute Wassergehalt pro cbm Raumluft 6 g beträgt, so entspräche dies bei einer Raumtemperatur von 25 °C etwa einer relativen Luftfeuchtigkeit von 30 %, bei einer Temperatur von 20 °C würde die gleiche Menge Wasser aber eine relative Feuchte von 40 % bewirken (1).

2.) Die Zimmer müßten nicht mehr dauernd gelüftet werden, sondern man könnte zu einem kurzzeitigen Lüften in bestimmten Zeitabschnitten übergehen. Auch dadurch ließen sich höhere Werte der relativen Luftfeuchte erzielen. Bei allen Feuchtemessungen hat sich nämlich gezeigt, daß die höchste relative Feuchte in allen Zimmern vor der großen Pause registriert werden konnte. In der Pause erfolgte dann immer durch das Lüften ein starker Abfall der relativen Feuchte, der aber bald nach Wiederbeginn des Unterrichtes durch das durch Atmung

und Perspiratio insensibilis entstandene Wasser wieder kompensiert werden konnte.

Durch das Senken der Raumtemperatur würden sich zumindest in den Klassenräumen in den in jüngerer Zeit erbauten Schulen ausreichende Feuchteverhältnisse herbeiführen lassen. Ob man damit auch in Altbauten zu einem Erfolg kommen kann, erscheint allerdings sehr fraglich. Für sie wäre neben dem Absenken der Temperatur eine künstliche Befeuchtung der Luft wohl geeigneter.

3.) Das subjektive Gefühl zu trockener Luft ist nicht so sehr die Folge einer zu geringen relativen Luftfeuchtigkeit als vielmehr der gasförmigen Produkte, die im Rahmen der Staubverschwelung an zu heißen Heizkörpern entstehen. Bei der Senkung der Raumtemperatur würde sich natürlich auch die Oberflächentemperatur der Radiatoren verringern, was wiederum zu Verringerung der Staubverschwelung und ihrer Folgen führen müßte.

Datum	Zimmer	relative Feuchte		Temperatur		Im Freien	
		U.Z.	Tag	U.Z.	Tag	rel. Feuchte	Temperatur
19.1.	106	25,4 ± 2,5	24,6 ± 2,3	21,7 ± 1,4	21,7 ± 1,5	84	-0,5
	201	26,3 ± 2,5	23,2 ± 2,6	22,3 ± 0,5	22,0 ± 1,0		
	208	32,6 ± 2,0	31,0 ± 2,8	21,8 ± 1,5	21,7 ± 1,7		
20.1.	106	25,1 ± 2,0	24,5 ± 1,8	20,8 ± 1,9	21,0 ± 1,7	80	-2,2
	201	27,0 ± 1,8	25,8 ± 2,3	21,5 ± 0,6	21,3 ± 1,0		
	208	32,0 ± 1,7	30,5 ± 2,8	21,8 ± 1,3	21,7 ± 1,5		
21.1.	106	25,3 ± 2,6	24,4 ± 2,3	22,6 ± 1,0	22,6 ± 1,2	84	-1,8
	201	24,0 ± 1,3	23,6 ± 1,2	20,9 ± 1,0	21,4 ± 1,1		
	208	28,3 ± 2,5	27,5 ± 2,4	21,4 ± 1,0	21,2 ± 1,0		
22.1.	106	28,5 ± 1,1	27,3 ± 1,8	21,0 ± 1,3	21,2 ± 1,0	89	1,1
	201	27,4 ± 1,7	27,4 ± 1,9	21,0 ± 1,8	21,0 ± 1,6		
	208	33,7 ± 3,3	32,5 ± 3,2	20,6 ± 0,5	20,5 ± 0,8		
23.1.	106		30,3 ± 3,1		20,0 ± 1,5	84	1,8
	201		31,0 ± 2,8		21,2 ± 0,8		
	208		36,9 ± 4,1		21 ± 1,3		

TABELLE 2

Mittelwerte der in der Volksschule an der Klenzestraße 48 bei der ersten Meßreihe während des Unterrichtes (U.Z.) und der übrigen Tageszeit (Tag) gefundenen Feuchte- und Temperaturwerte.

Datum	Zimmer	relative Feuchte		Temperatur		Im Freien	
		U.Z.	Tag	U.Z.	Tag	rel. Feuchte	Temperatur
2.2.	24	24,6 ± 2,4	22,9 ± 3,1	22,9 ± 1,4	22,5 ± 1,2	78	-3,4
	26	28,6 ± 2,6	26,4 ± 1,3	24,5 ± 1,1	24,4 ± 1,1		
	32	25,2 ± 2,3	23,5 ± 2,9				
3.2.	24	22,1 ± 2,6	21,1 ± 2,4	21,2 ± 1,7	22,2 ± 1,1	79	-2,8
	26	22,8 ± 1,3	22,6 ± 1,1	24,3 ± 1,7	24,4 ± 1,3		
	32	23,0 ± 2,5	22,0 ± 2,5				
4.2.	24	28,2 ± 5,0	26,7 ± 4,6	23,3 ± 1,3	23,5 ± 1,2	90	-1,2
	26	25,3 ± 1,9	24,8 ± 1,7	24,8 ± 1,4	24,6 ± 1,1		
	32	28,4 ± 2,8	27,3 ± 3,8	22,1 ± 1,8	22,2 ± 1,5		
5.2.	24	29,3 ± 4,3	27,5 ± 3,6	24,2 ± 1,5	24,1 ± 1,1	89	-1,3
	26	26,0 ± 1,8	26,3 ± 2,2	24,1 ± 1,6	24,2 ± 1,4		
	32	28,5 ± 2,7	27,5 ± 2,4	21,0 ± 1,5	21,1 ± 1,2		
6.2.	24		25,3 ± 2,5		24,5 ± 1,1	87	-1,5
	26						
	32		27,7 ± 2,9		22,1 ± 0,9		

TABELLE 4

Mittelwerte der in der Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 bei der ersten Meßreihe während des Unterrichtes (U.Z.) und des übrigen Tages (Tag) gefundenen Feuchte- und Temperaturwerte.

Datum	Zimmer	relative Feuchte		Temperatur		Im Freien	
		U.Z.	Tag	U.Z.	Tag	rel. Feuchte	Temperatur
26.1.	201	33,5 ± 1,7	31,8 ± 2,7	21,9 ± 1,1	21,9 ± 0,8	80	0,7
	203	42,0 ± 2,6	38,3 ± 7,7	22,3 ± 0,7	21,7 ± 3,6		
	205	27,8 ± 1,9	26,9 ± 2,1	21,4 ± 1,6	21,2 ± 1,4		
27.1.	201	33,1 ± 2,8	32,3 ± 2,8	21,9 ± 0,7	22,0 ± 0,7	91	-0,7
	203	40,1 ± 7,2	39,7 ± 6,1	22,3 ± 1,2	21,8 ± 1,2		
	205	26,0 ± 1,4	25,8 ± 1,7	22,5 ± 1,3	21,8 ± 1,6		
28.1.	201					88	0,0
	203	45,5 ± 5,8	42,6 ± 1,8	21,0 ± 1,0	20,7 ± 0,9		
	205	28,7 ± 2,0	28,3 ± 1,9	21,2 ± 2,7	21,4 ± 2,2		
29.1.	201	33,7 ± 1,5	33,1 ± 1,5	22,5 ± 0,5	22,4 ± 0,8	87	1,5
	203	44,4 ± 7,4	41,3 ± 7,0	21,8 ± 1,3	21,2 ± 1,2		
	205	30,0 ± 1,7	29,9 ± 1,47	21,7 ± 1,2	21,8 ± 1,0		
30.1.	201		33,0 ± 1,3		21,8 ± 0,4	75	5,1
	203		44,2 ± 5,2		21,6 ± 1,0		
	205		33,1 ± 3,0		22,2 ± 0,8		

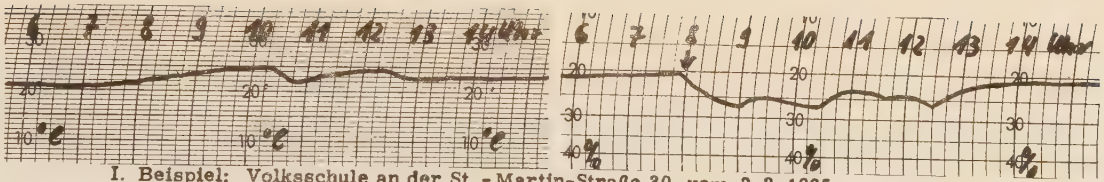
TABELLE 5

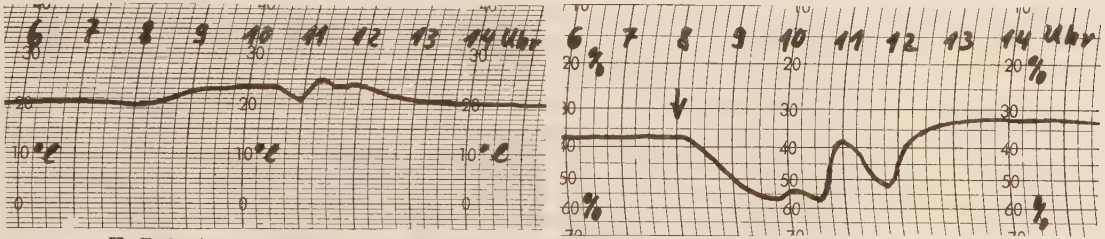
Mittelwerte der in der Volksschule an der Klenzestraße 27 bei der ersten Meßreihe während des Unterrichtes (U.Z.) und der übrigen Tageszeit (Tag) gefundenen Feuchte- und Temperaturwerte.

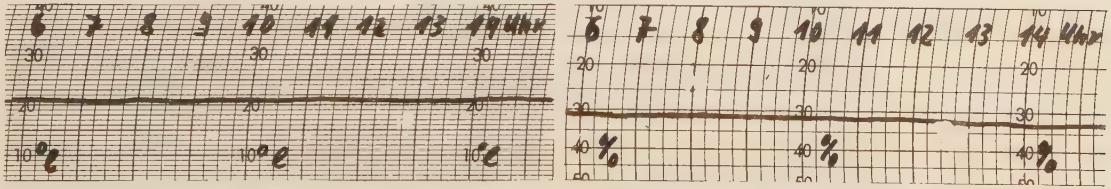
Datum	Zimmer	relative Feuchte		Temperatur		Im Freien	
		U.Z.	Tag	U.Z.	Tag	rel. Feuchte	Temperatur
9.2.	110	30,4 ± 1,4	29,2 ± 2,2	22,0 ± 0,4	22,2 ± 0,5	86	-5,5
	210	30,9 ± 2,3	30,0 ± 2,5	21,0 ± 2,4	21,2 ± 1,9		
	306	30,8 ± 2,5	24,3 ± 2,9	21,8 ± 0,7	21,7 ± 0,8		
10.2.	110	26,8 ± 2,9	26,1 ± 2,4	20,2 ± 1,5	20,1 ± 1,7	82	-6,8
	210	28,7 ± 2,9	27,5 ± 2,7	21,3 ± 0,8	21,2 ± 0,8		
	306	26,3 ± 1,6	25,9 ± 1,5	20,8 ± 1,0	20,1 ± 1,2		
11.2.	110	28,8 ± 1,8	28,6 ± 2,0	21,3 ± 0,8	21,5 ± 0,6	89	-1,8
	210	34,0 ± 3,4	33,3 ± 3,5	22,3 ± 0,9	22,2 ± 0,9		
	306	31,3 ± 3,0	30,1 ± 4,1	21,2 ± 1,0	21,1 ± 1,0		
12.2.	110	31,7 ± 2,7	32,8 ± 2,3	19,4 ± 1,9	20,1 ± 1,6	76	-2,0
	210	31,2 ± 1,4	30,0 ± 1,0	22,8 ± 1,5	22,5 ± 1,5		
	306	32,2 ± 7,6	30,5 ± 2,4	21,9 ± 0,5	22,5 ± 0,9		
13.2.	110		32,3 ± 3,6		21,2 ± 0,7	78	1,9
	210		33,6 ± 2,0		22,3 ± 1,1		
	306		33,3 ± 1,7		21,8 ± 1,4		

TABELLE 7

Mittelwerte der in der Volksschule an der Farinellistraße 7 bei der ersten Meßreihe während des Unterrichtes (U.Z.) und der übrigen Tageszeit (Tag) gefundenen Feuchte- und Temperaturwerte.



I. Beispiel: Volksschule an der St.-Martin-Straße 30 vom 2.2.1965

II. Beispiel: Volksschule an der Klenzestraße 27 vom 29.1.1965



III. Beispiel: Volksschule an der Farinellistraße 7 von Sonntag, dem 14.2.1965

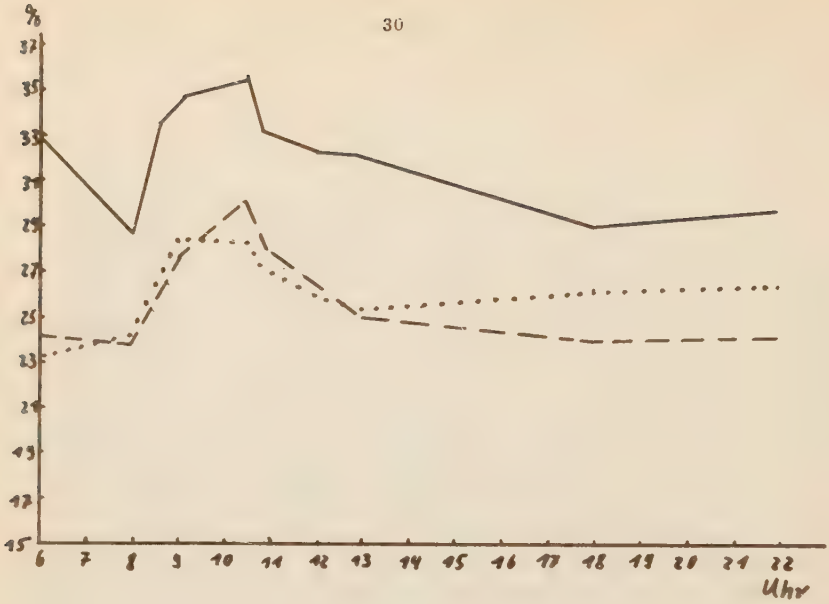
ABBILDUNG 1

Beispiele über die Kurvenverläufe der Temperatur und rel. Feuchte bei den Registrierungen mit Thermo-Hygrographen. Linke Reihe Temperatur- rechts Feuchtekurven. Die Pfeile geben den Unterrichtsbeginn an.

Datum	Schule	Zimmer	Feuchte	Temperatur	Im Freien Feuchte	Im Freien Temperatur
14.- 22.5.	K 48	106	45 ± 5,3	22 ± 2,0	69	13,8
		201	48,4 ± 6,8	19,5 ± 2,3		
		208	45,9 ± 8,6	21,1 ± 1,8		
23.- 29.5.	M 30	24	49,5 ± 4,6	21,3 ± 1,4	82	11,1
		26	49 ± 3,7	21 ± 1,1		
		32	54,5 ± 4,1	21,6 ± 1,5		
20.- 26.6.	K 27	201	53,3 ± 3,6	25,7 ± 1,8	64	22,1
		203	49,1 ± 3,0	25,5 ± 1,5		
		205	51,9 ± 3,8	25,2 ± 1,4		
6.- 14.7.	F 7	110	56,6 ± 4,4	19,8 ± 1,9	57	17,3
		210	54,4 ± 4,2	20,3 ± 0,8		
		306	54,6 ± 4,4	20,8 ± 1,5		

TABELLE 13

Wochenmittel der in allen vier Schulen während der dritten Meßreihe gefundenen Feuchte- und Temperaturwerte. Die in den beiden letzten Spalten angegebenen Werte wurden vom Deutschen Wetterdienst in München am Bavariaring 10 gemessen.



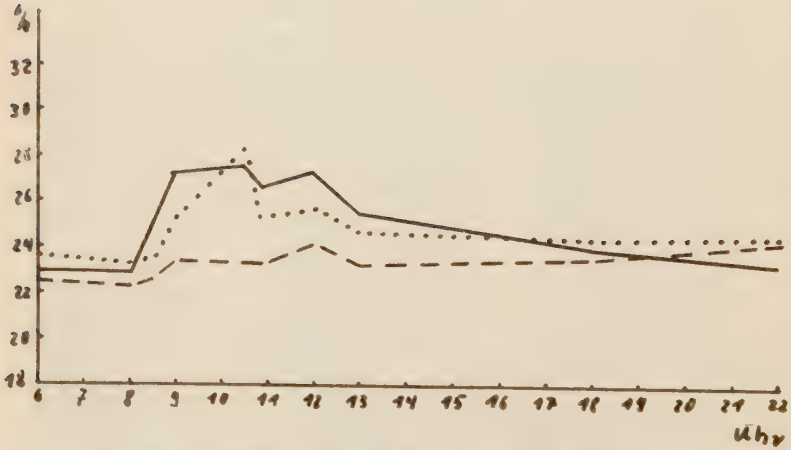


Abbildung 2: Darstellung der während der ersten (oben, alle Räume ohne Befeuchter) und zweiten (unten, Zimmer 106 und 201 mit drei Befeuchtern) Meßreihe in der Schule an der Klenzestr.48 gefundenen Durchschnittswerte der rel. Luftfeuchtigkeit.
···· Zimmer 106, - - - Zimmer 201, —— Zimmer 208

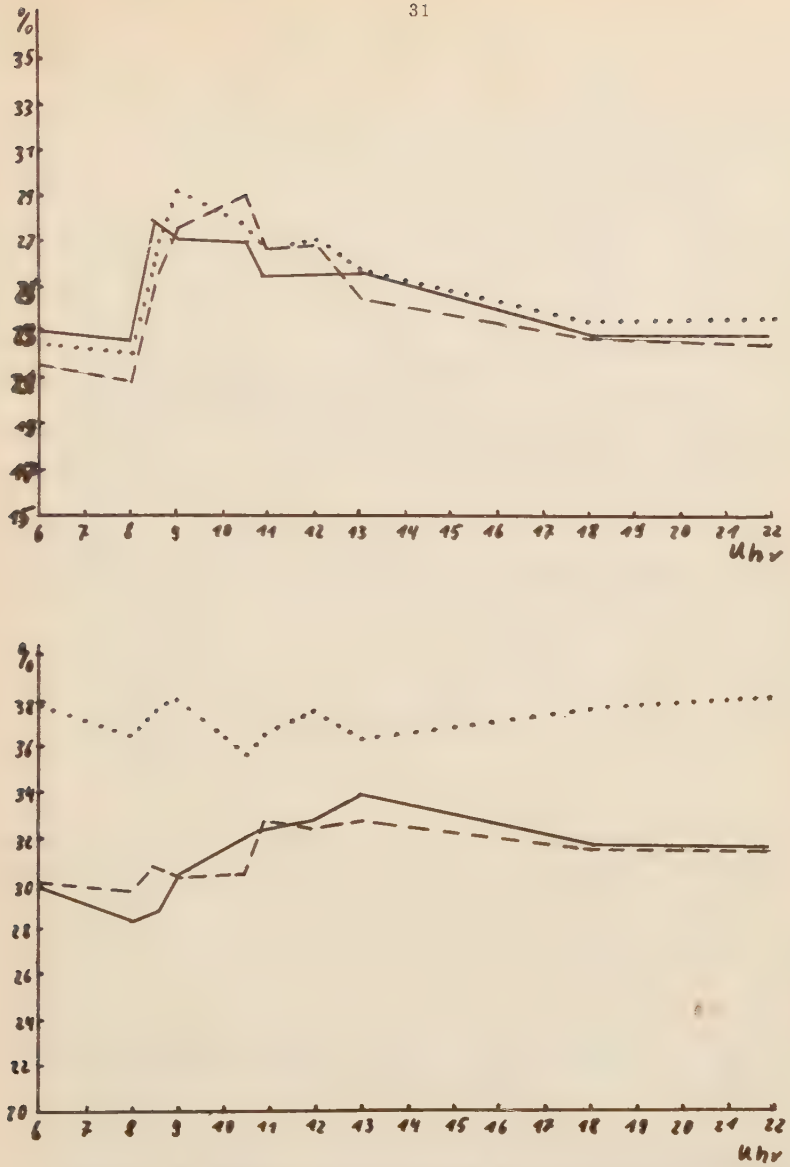
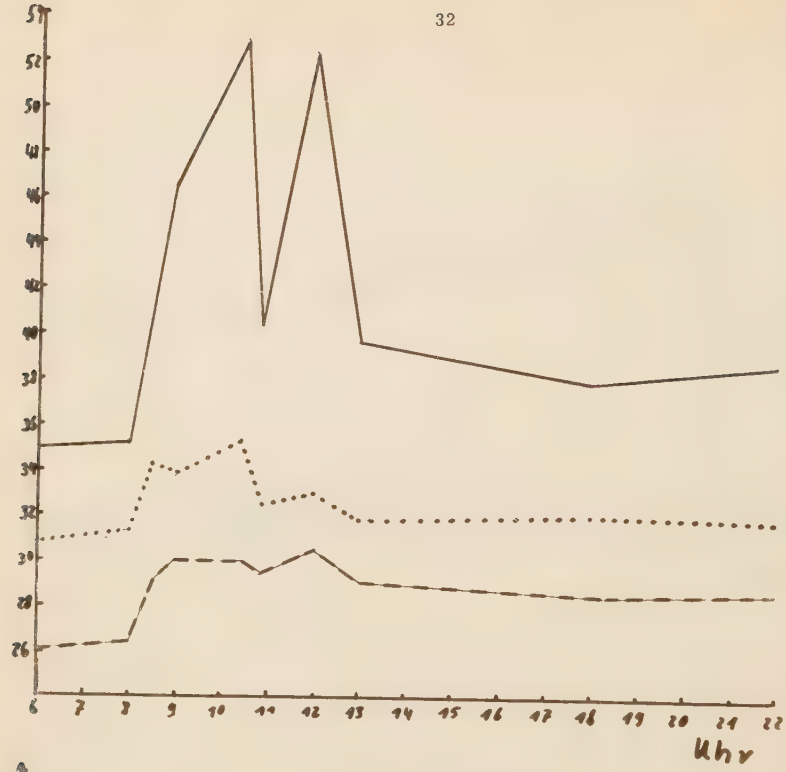


Abbildung 3: Darstellung der während der ersten (oben, alle Räume ohne Befeuchter) und zweiten (unten, Zimmer24 und 32 mit vier Befeuchtern) Meßreihe in der Schule an der St.-Martin-Straße 30 gefundenen Durchschnittswerte der rel. Luftfeuchtigkeit.
– – –Zimmer 24, —— Zimmer 26, ····· Zimmer 32



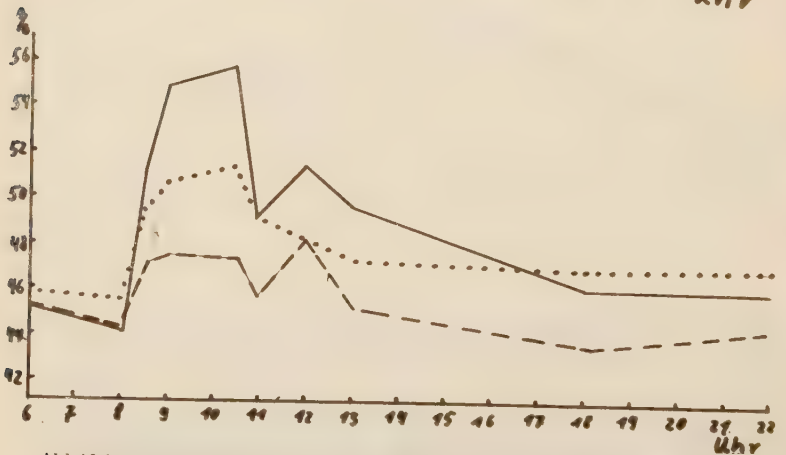


Abbildung 4: Darstellung der während der ersten (oben, alle Räume ohne Befeuchter) und zweiten (unten, Zimmer 201 und 205 mit vier Befeuchtern) Meßreihe in der Schule an der Klenzestr. 27 gefundenen Durchschnittswerte der rel. Luftfeuchtigkeit.
·····Zimmer 201, —— Zimmer 203, – – – Zimmer 205

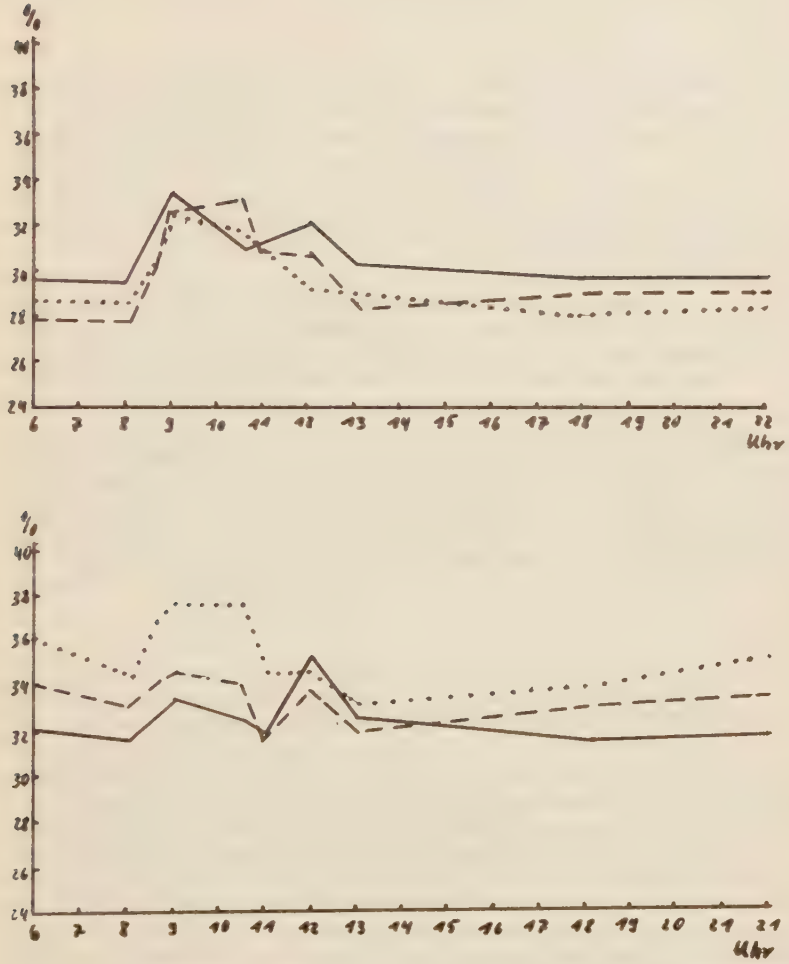


Abbildung 5:Darstellung der während der ersten (oben, alle Räume ohne Befeuchter) und zweiten (unten, Zimmer 110 und 306 mit vier Befeuchtern) Meßreihe in der Schule an der Farinellistr. 9 gefundenen Durchschnittswerte der rel. Luftfeuchtigkeit.
.... Zimmer,110, —— Zimmer 210, - - - Zimmer 306

C. BAKTERIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DES WASSERS UND DER VERDUNSTUNGSFILTER IN DEN LUFTBEFEUCHTERN

Ein häufig gegen die Verwendung von Wasserverdunstern zur Befeuchtung zu trockener Luft vorgebrachter Einwand besagt, daß derartige Geräte als Keimreservoir auch menschenpathogener Krankheitserreger anzusehen seien. Außerdem könnten diese Luftbefeuchter von den Schülern zu "Abfallkörben" zweckentfremdet werden. Auf letzteren Einwand ist zu entgegenen, daß die bei den Messungen verwendeten Geräte schon alleine durch ihre Bauweise im wesentlichen vor einem solchen Mißbrauch geschützt sind.

Es konnte auch in keinem der in den einzelnen Schulen verwendeten Geräte makroskopisch eine Verunreinigung festgestellt werden. Die Rückseiten der Befeuchter zeigten dagegen nach einer gewissen Zeit alle schwarze Streifen, die wohl auf den an den Heizkörpern infolge Zirkulationsströmungen vorbeistreifenden Staub zurückzuführen sind. Auch an den Verdunstungsfiltern waren diese Staubbahnen zu erkennen. Außerdem fand man nach längerer Zeit Kalkein- und auflagerungen an den Filtern. Um die Frage nach der mikroskopischen Verunreinigung der Luftbefeuchter durch Bakterien und Pilze beantworten zu können, wurden im Anschluß an die Feuchtemessungen bakteriologische Untersuchungen des Wassers und der Filter in den Befeuchtern vorgenommen, nachdem die Verdunstungsgeräte bereits über vier Monate verwendet worden waren.

I. DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN

Aus jedem Luftbefeuchter wurden mit einer sterilen Pipette 8 bis 10 ml Wasser für die Untersuchungen entnommen und in ein steriles, verschließbares Reagenzglas gefüllt. Die bakteriologische Untersuchung erfolgte dann im Max v. Pettenkofer-Institut für Hygiene und medizinische Mikrobiologie der Universität München. Dabei wurde zunächst aus jeder Wasserprobe ein kleiner Tropfen mit einer ausgeglühten Platinöse entnommen und auf einer Blutagarplatte ausgestrichen. Der Blutagar stellt ein Spezialnährmedium dar, das einmal die Züchtung solcher Keime erlaubt, die Blutfarbstoff zu ihrem Wachstum brauchen, und zum anderen Aussagen über das Haemolysevermögen von bestimmten Bakterienarten zuläßt. Neben dem normalen Grundmedium aus Fleischextrakt, Pepton, Kochsalz und 1,75 bis 2% Agar-Agar enthält er noch Zusätze von defibriniertem Blut (8, 11).

Ein zweiter Wassertropfen wurde auf einer Fuchsin-Lactose-Agarplatte nach Endo ausgestrichen. Dieses Spezialnährmedium läßt gramnegative Keime besonders gut wachsen und erlaubt außerdem eine Aussage darüber, ob die gezüchteten Keime Zucker, hier Lactose, spalten. Die beim Zukkerabbau entstandenen Aldehyde reagieren mit der farblosen fuchsinschwefligen Säure des Endo-Agars. Der bei dieser Reaktion entstehende Farbstoff Fuchsin kristallisiert aus und färbt die Kolonien der zuckerspaltenden Keime rot (11); Die Anfärbung der Kolonien kann man gut zu ihrer Idendifizierung anwenden.

Neben der Beimpfung von Nährböden wurden von jeder Wasserprobe noch je zwei Gußplatten hergestellt. Dazu entnimmt man mit einer sterilen Pipette 1 ml des zu untersuchenden Wassers und gibt es dann in eine sogenannte Petrischale, in der das Wasser mit einem noch flüssigen Nähragar durch Hin- und Herschieben der Schale vermischt wird. Nach Abkühlen und Erstarren des Agars werden die Platten in einem Brutschrank 48 Stunden lang bei 37 °C bebrütet. Die gleiche Bebrütung erfolgt auch mit den Blut- und Endoplatten.

Um ein auf den Filtern der Luftbefeuchter vorhandenes Bakterienwachstum zu erfassen, wurden auch diese Filter untersucht. Es wurde dazu aus jedem Filter ein etwa 3 mal 3 cm großes Stück unter sterilen Bedingungen herausgeschnitten und auf einer Blut- und Endoplatte abgeklatscht. Die Filterstücke wurden dabei kurze Zeit auf die betreffende Platte aufgedrückt. Auch die Abklatschpräparate wurden dann wieder bei 37 °C 48 Stunden bebrütet.

Bei diesen Züchtungsmethoden geht man von der Vorstellung aus, daß jeder lebensfähige Keim, der auf eine Agarplatte überimpft, abgeklatscht oder in sie eingegossen wird, eine Kolonie entstehen läßt. Aus der Zahl der Kolonien kann man dann auf die Zahl der in einer bestimmten Wassermenge vorhandenen Keime schließen (11). Während die in und auf den Gußplatten gewachsenen Kolonien in der Regel nur gezählt werden, kann man von den auf der Oberfläche von Blut- und Endoagarplatten gewachsenen zu ihrer genaueren Differenzierung noch mikroskopische Präparate anfertigen. Hierzu wurde bei den Untersuchungen zu dieser Arbeit die sogenannte Gramfärbung angewendet.

II. ERGEBNISSE DER BAKTERIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Bei den nach den oben beschriebenen Methoden durchgeführten Untersuchungen des Wassers und der Filter in den Luftbefeuchtern wurden folgende Keime nachgewiesen:

1.) Aerobe Sporenbildner: Sie kommen überall in der Erde, Luft und im Staub vor und sind nicht als krankheitserregend anzusehen. Im Humus wirken sie als normale Fäulniserreger (8).

2.) Keime der Alkaligenesgruppe: Bei diesen handelt es sich um bewegliche, gramnegative, sporenlose Stäbchen, die in mehrere Untergruppen unterteilt werden können. Sie kommen häufig im Darm des Menschen vor, sind aber auch in der Außenwelt weit verbreitet. Im allgemeinen gelten sie als apathogen, wenngleich sie außerhalb des Darmes, insbesondere in den Harnwegen, in seltenen Fällen als Eiter- und Entzündungserreger nachgewiesen werden (8, 11, 14).

3.) Escherichia coli: Es sind kurze, bewegliche, gramnegative Stäbchen, die teilweise auf Blutagarplatten Haemolyse bewirken. E. coli vergärt viele Zucker unter Säure- und Gasbildung insbesondere Lactose. Der Keim bildet einen Teil der normalen Darmflora des Menschen, für den ihre Anwesenheit im Darm lebensnotwendig ist. Verlassen sie den Darmtrakt und gelangen sie in Gewebe oder Körperhöhlen des Menschen, so sind sie pathogen und können Infektionen der Harnwege, Gallenblase, des Bauchfells und der Hirnhäute verursachen (4, 8, 11, 14).

4.) Schimmelpilze: Sie können häufig für das Verderben von Nahrungsmitteln verantwortlich gemacht werden, sind aber im übrigen für Menschen nicht krankheitserregend (8).

5.) Staphylokokken: Bei ihnen handelt es sich um kugelförmige Bakterien, die sich zu traubenförmigen Häufchen zusammenlagern. Bei der Färbung nach Gram reagieren sie positiv. Die Kolonien dieser Staphylokokken können verschiedene Farbe haben. Einige Stämme bilden ein goldgelbes, andere ein zitronengelbes und wieder andere ein weisses Pigment. Die Keime gehören zu den Bewohnern der gesunden Haut, des Respirationstraktes und des Magen- und Darmtraktes. Sie können gelegentlich Entzündungen verursachen, wobei der Prototyp einer Staphylokokkeninfektion der Furunkel ist, aber auch Pneumonien, Endocarditiden, und Meningitiden können durch diese Keime hervorgerufen werden (4, 8).

Die Häufigkeit, mit der die einzelnen beschriebenen Keime bei diesen Untersuchungen gefunden werden konnten, geht aus der Tabelle 14 hervor. In ihr sind allerdings nur die Ergebnisse der Untersuchung der Verdunstungsfilter dargestellt, da sich auf den mit Wasser beimpften Blut- und Endoplatten nach ihrer Art und Zahl nahezu die gleichen Keime wie auf den Abklatschplatten fanden. In und auf den Gußplatten fan-

den sich im Durchschnitt etwa 5 bis 10 große, 20 bis 30 kleine und 100 bis 300 Mikrokolonien. Auf einigen Gußplatten konnte jedoch selbst nach 48-stündiger Bebrütung noch kein Bakterienwachstum festgestellt werden.

Sogenannte Bakterienrasen, bei denen eine sehr große Zahl von Bakterienmikrokolonien einen Teil der Agarplatte überziehen, zeigten sich nur in 5 Fällen.

III. DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER BAKTERIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchungen der im Zusammenhang mit dieser Arbeit verwendeten Luftbefeuchter widerspricht der Befürchtung, daß diese Geräte wegen einer von ihnen ausgehenden Bakterienstreuung eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen könnten. Die gefundenen Keime sind weder ihrer Zahl noch ihrer Art nach irgendwie besorgniserregend. Es handelt sich bei ihnen durchweg um solche Mikroorganismen, die in allen Lebensbereichen des Menschen vorkommen. Würde man z. B. die Tische, Wände oder gar Fußböden der Klassenzimmer auf ihren Keimgehalt untersuchen, so fänden sich mit Sicherheit weitaus höhere Keimzahlen, da die Filter der Luftbefeuchter nach Angaben der Hersteller beider Fabrikate mit einem nicht genauer beschriebenen Desinfektionsmittel versehen werden.

Es kann also damit weitgehend als ausgeschlossen angesehen werden, daß die verwendeten Befeuchter selbst nach viermonatigem Gebrauch als Keimreservoir Bedeutung besitzen.

Schule	K 48		M 30		K 27		F 7	
Zimmer	106	201	24	32	201	205	110	306
Blutagarplatten								
Aerobe Sporenb.				(+)	+++	++	+++	+++
Alkaligenes	Rasen	+	Rasen	++			Rasen	++
Gramneg. Kolonien vorwiegend E. coli	++	(+)	Rasen		++	+		++
Schimmelpilze		(+)					(+)	(+)
Staphylokokken	++	++	+	++		++	+	++
Endoagarplatten								
Aerobe Sporenb.				(+)			+++	+++
Alkaligenes			+++	(+)	++		Rasen	+
E. Coli	++	+	++	+	(+)		++	++
Schimmelpilze		(+)						+

TABELLE 14

Überblick über die Zahl der bei der bakteriologischen Untersuchung der Filter der Luftbefeuchter nach 48-stündiger Bebrütung auf den Blut- bzw Endoagarplatten gefundenen Kolonien.

(+) = bis 5 Kolonien, + = bis 20 Kolonien, ++ = bis 50 Kolonien, +++ = über 50 Kolonien.

Es fanden sich von vereinzelten Rasenbildungen abgesehen nie mehr als 200 bis 300 Mikrokolonien.

In der Schule K48 war Zimmer 106 mit 3 Lucagra-, Zimmer 201 mit 3 Tropa-, in M 30 Zimmer 24 mit 4 Lucagra-, Zimmer 32 mit 4 Tropa-, in K 27 Zimmer 201 mit 4 Lucagra-, Zimmer 205 mit 4 Tropabefeuchtern ausgestattet. In der Schule F 7 wurden nur Tropabefeuchter verwendet.

D. DER KRANKENSTAND IN DEN VERSCHIEDENEN SCHULEN

Bei all den Feuchtemessungen, die im Zusammenhang mit dieser Arbeit durchgeführt wurden, ging es insbesondere darum, festzustellen, ob das Klima in den Schulzimmern während der Heizperiode so ungünstig ist, daß neben der Behaglichkeit auch die Gesundheit der Schüler und Lehrer beeinträchtigt wird. Es wurde deshalb neben den Feuchtemessungen auch der Frage nach dem Krankenstand in den Klassen der vier Schulen, in denen die Feuchtemessungen erfolgten, nachgegangen. Allerdings muß hier erwähnt werden, daß es außerordendlicht schwierig ist, genaue Angaben über die Krankheit der fehlenden Schüler zu erhalten, da in den Volksschulen formlose, nicht näher begründete Entschuldigungen als ausreichend anerkannt werden. Häufig werden die erkrankten Schüler nur mündlich entschuldigt, wenn aber einmal eine schriftliche Entschuldigung erfolgt, dann lautet sie häufig nur: "Mein Sohn konnte den Unterricht nicht besuchen, weil er krank war." Es ist den Lehrkräften schon aus diesem Grund unmöglich eine genaue Statistik über die Erkrankungen der Schüler zu führen. Deshalb wird in den meisten Volksschulen nur die Zahl der durch einen Schüler versäumten Unterrichtstage registriert. Lediglich in der Volksschule an der Klenzestraße 27 wurden genauere Listen, in die vor allen Dingen die Erkrankungen an Infektionskrankheiten eingetragen sind, vorgefunden.

Bei der Beantwortung der Frage nach dem Krankenstand in den einzelnen Meßräumen konnte also nur auf die Klassenlisten, in die die monatlichen Unterrichtsversäumnisse der einzelnen Schüler eingetragen sind, zurückgegriffen werden. Die Zahlen in Tabelle 15 zeigen auf, wieviele Unterrichtstage in den betreffenden Monaten von den Schülern einer Klasse zusammen versäumt wurden. Sie stellen also die Summe der Tage dar, an denen die einzelnen erkrankten Schüler nicht am Unterricht teilnehmen konnten. Die letzte Zahlenreihe der Tabelle gibt die Zahl der von jedem Schüler der Klasse während des ganzen Schuljahres im Durchschnitt versäumten Schultage wieder. Eine Gesetzmäßigkeit läßt sich in der Tabelle nicht erkennen, da der Krankenstand in den verschiedenen aufgeführten Räumen keine allzu große Differenz aufweist. Es ist nicht festzustellen, daß in den Räumen, die während des ganzen Schuljahres ohne Befeuchter waren, auffallend mehr Schüler erkrankten als in den Räumen, die im Rahmen der Feuchtemessungen mit derartigen Geräten ausgestattet worden waren. Es war auch keine Abnahme der Krankheitsfälle nach Installierung der Befeuchter in den betreffenden Klassenzimmern zu erkennen. Da auch die Krankenrate zwischen den Alt- und Neubauten keine Differenz aufweist, läßt sich nicht die Regel aufstellen, daß in den Neubauten mit ihrer etwas höheren relativen Feuchte ein besserer Gesundheitszustand der Schüler

anzutreffen sei. Von allen zwölf Meßräumen waren in Zimmer 24 der Schule an der St.-Martin-Straße 30, also einem Altbau, die wenigsten Erkrankungen zu registrieren. Bei all diesen Erwägungen muß man sich aber vergegenwärtigen, daß es sich bei den in Tabelle 15 angegebenen Zahlen um die Summe aller in der betreffenden Klasse aufgetretenen Krankheiten handelt, während die Luftfeuchtigkeit nur auf einige bestimmte Krankheiten, insbesondere der Atemwege, einen Einfluß haben dürfte. Leider war aber, wie schon erwähnt, durch das unzulängliche Entschuldigungssystem eine Aufschlüsselung nach den verschiedenen Krankheiten nicht möglich.

Zusammenfassend kann man im Rahmen der Gegebenheiten feststellen, daß auch in den Schulen mit einer zu niedrigen relativen Luftfeuchte keine höhere Krankheitsrate der Schüler als in solchen mit einer günstigeren relativen Feuchte zu erkennen ist. Um jedoch gesicherte Aussagen über diese Frage zu erhalten, wäre es notwendig das System der Entschuldigungen zu präzisieren und die Erkrankungen mehrerer Schuljahre zu analysieren.

Schule	Zimmer	Schüler-zahl	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	
K 48	106	33	40	63	35	43	20	10	51	11	24	16	12	9,8
	201	36	8	25	48	40	37	57	55	15	22	23	9	9,4
	208	47	23	37	38	26	16	35	31	22	52	18	17	6,7
M 30	24	34	13	27	4	15	7	48	34	6	9	14	13	5,6
	26	26-48	26	48	9	5	40	55	68	24	36	36	25	9,9
	32	39	20	76	67	53	4	32	67	2	17	69	14	10,8
K 27	201	31	22	37	48	47	65	34	43	24	27	23	16	12,5
	203	44	19	45	16	27	4	28	85	14	27	18	11	6,7
	205	28	10	48	11	11	15	6	37	3	24	40	23	8,1
F 7	110	29	14	16	7	16	29	46	19	47	43	5		8,3
	210	35	2	30	29	12	17	51	29	2	19	10	48	7,1
	306	31	6	37	28	65	31	40	120	22	40	10	8	13,1

TABELLE 15

Krankheitsfälle. Die in den einzelnen Kästchen stehenden Zahlen geben die Summe der von sämtlichen Schülern der betreffenden Klasse durch Krankheit im betreffenden Monat versäumten Unterrichtstage wieder. In der letzten Spalte ist aufgeführt wieviele Unterrichtstage von jedem Schüler im ganzen Schuljahr durch Krankheit im Durchschnitt versäumt wurden.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Sowohl von der Eltern- als auch Lehrerschaft wird immer wieder Klage darüber geführt, daß die Luftfeuchtigkeit in den Volksschulen Münchens während der Heizperiode zu niedrig sei. Es wurden deshalb in vier verschiedenen Münchener Volksschulen Feuchte- und Temperaturmessungen durchgeführt. Die Messungen, die in drei Serien unterteilt wurden, erfolgten nach gleicher Methodik mittels sogenannter Thermo-Hygrographen in jeweils drei Klassenräumen einer Schule.

Die erste Meßreihe gab einen Überblick über die in den Schulen während der Heizperiode bisher herrschenden Feuchteverhältnisse. Sie zeigte, daß in den Altbauten die relative Luftfeuchtigkeit meist unter dem als untere Grenze des Behaglichkeitsfeldes anerkannten Wert von 30 % lag. In den Neubauten konnten nur in einem der sechs Meßräume ständig durchschnittliche Feuchtewerte über 40 % registriert werden. In den übrigen fünf Zimmern lag die relative Luftfeuchtigkeit nur wenig über 30 %.

Für die zweite Meßserie wurden jeweils zwei der schon durchgemessenen Klassenzimmer der vier Schulen mit Luftbefeuchtern ausgestattet, der dritte Raum blieb zum Vergleich ohne derartige Verdunster. Die Meßergebnisse dieser Serie zeigten, daß die verwendeten Luftbefeuchter im Durchschnitt eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte in den Klassenzimmern um 5-7 % bewirkten. Der Einbau dieser Verdunster würde also keine nennenswerte Verbesserung des Raumklimas in den Schulen nach sich ziehen. Eine Änderung der Lüftungsgewohnheiten und ein Absenken der Temperatur der vielfach überheizten Klassenzimmer könnten sich dagegen wesentlich günstiger auf die Luftfeuchtigkeit auswirken.

In einer dritten Meßreihe wurden die Feuchteverhältnisse während der wärmeren Jahreszeit, also außerhalb der Heizperiode, überprüft. Es fanden sich dabei durchweg Feuchtewerte im Behaglichkeitsfeld. Die Raumteperaturen waren häufig trotz leichterer Bekleidung der Schüler niedriger als während der Heizperiode.

Nach einem über viermonatigen Gebrauch der Luftbefeuchter wurden sowohl ihr Wasserinhalt als auch ihre Verdunstungsfilter auf ihren Gehalt an krankheitserregenden Keimen untersucht. Die gefundenen Keimzahlen waren so gering und die nachgewiesenen Bakterienarten weitgehend apathogen, so daß eine Gesundheitsgefährdung nicht gegeben sein dürfte.

Abschließend wurde der Versuch unternommen den Einfluß der relativen Luftfeuchte auf die Zahl der Erkrankungen der Schüler in den durch-

gemessenen Räumen zu ermitteln. Eine Abhängigkeit der Krankenrate von der relativen Luftfeuchtigkeit konnte dabei nicht nachgewiesen werden, da neben ungenauen und unvollständigen Krankheitsangaben auch die Zahl der Meßtage dazu nicht ausreichend war.

Herrn Priv.-Doz. Dr. K. STEHR danke ich für die Überlassung des Themas, für seine Unterstützung und für sein stetiges Interesse am Fortgang der Arbeit.

Außerdem bin ich Herrn Prof. Dr. Dr. H. EYER zu Dank verpflichtet, daß ich die bakteriologischen Untersuchungen in seinem Institut durchführen durfte.

Herrn Priv.-Doz. Dr. H. METZ danke ich für die freundliche Unterstützung bei diesen Untersuchungen.

F. LITERATURVERZEICHNIS

1 BAEHR,H.D.: Mollier-i, x-Diagramme für feuchte Luft in den Einheiten des internationalen Einheitssystems, Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961

2 ESCHE vor dem,P.:
Über die Eignung von Gasheizungen in Schulen, Arch. Hygiene 144 (1960) S. 74

3 EFFENBERGER,E.:
Behaglichkeit des Wohnraumklimas unter besonderer Berücksichtigung der Raumklimatisierung sowie der Luft- und Strahlenheizung, Städtehygiene (1953) S. 216

4 GÄRTNER,H. u. H.REPLOH:
Lehrbuch der Hygiene,
Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1964

5 GRANDJEAU,E. u. H.RHINER:
Die Luftfeuchtigkeit und ihre Auswirkung auf die Behaglichkeit in Wohn- und Büroräumen,
Ges. Ing. 12/1963 S. 362

6 KÖLSCH: Handbuch der Arbeitshygiene,
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1954

7 MÜLLER,R.: Hygiene, Verlag Urban & Schwarzenberg Berlin München 1949

8 MÜLLER,R.: Medizinische Mikrobiologie,
4. Auflage Verlag Urban & Schwarzenberg
München Berlin 1950

9 RECKNAGEL-SPRENGER:
Taschenbuch für Heizung, Lüftung und Klimatechnik,
Verlag R. Oldenbourg München 1960

10 REIDAT,R. u. H.G.MACHT:
Raumklimatische Serienmessungen in Hamburger Schulen,
Städtehygiene (1955) S. 238

11 REPLOH,H. u. H.J.OTTE:
Lehrbuch der medizinischen Mikrobiologie und Infektionskrankheiten,
Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1961

12 SCHÜLE, W. u. H. LUTZ:
Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit in Wohnungen,
Ges. Ing. 8/1962 S. 217

13 WESTPHAL, W. H.:
Lehrbuch der Physik,
Springer Verlag Berlin Göttingen Heidelberg 1956

14 WILDFÜHR, G.: Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und
Epidemiologie,
VEB Georg Thieme Leipzig 1959

LEBENSLAUF

Ich, Friedrich Strauß, wurde am 10. 4. 1938 als Sohn des damaligen Oberzahlmeisters Georg Strauß und seiner Ehefrau Hildegard, geb. Wolpert in Bad Reichenhall geboren. Von 1945 - 1949 besuchte ich die Volksschule in Grub am Forst bei Coburg. 1949 trat ich in das Gymnasium Casimirianum zu Coburg ein. Nach bestandener Reifeprüfung am Neuen Realgymnasium München leistete ich meinen Wehrdienst ab und immatrikulierte anschließend im Herbst 1960 an der Universität München. Nach zwei Semestern legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab und nach sechs Semestern bestand ich im Sommer 1963 die ärztliche Vorprüfung. Im September 1966 begann ich an der Universität München mit dem medizinischen Staatsexamen, das ich am 10. 1. 1967 bestand.